



2.4 EXERCICES ÉNERGIE THERMIQUE

Exercice n° 2.4.d : L'eau potable

L'eau potable

Vous êtes en expédition et vous devez faire bouillir de l'eau avant de la consommer. Vous faites donc bouillir pour le groupe 4 litres d'eau initialement à 8°C. Ensuite, vous faites reposer cette eau dans une casserole de 8L avant de la verser dans les bouteilles de chacun.

QUESTIONS

Question 1 : Quelle quantité de fuel sera nécessaire pour faire bouillir l'eau?

Question 2 : Combien de temps allez-vous attendre pour que cette eau soit à 15°C si vous la faite refroidir dans un environnement à 5°C?

Hypothèses

Pour résoudre ce problème, comme pour tout autre, il faut formuler certaines hypothèses.

- Le rendement de chauffage du réchaud est de 70%
- Le fuel a un pouvoir calorifique de 45MJ/kg
- Le fuel a une densité de 0,85kg/L
- Les propriétés de l'eau sont constantes pendant le processus
- Le refroidissement se produit alors que toutes les conditions sont constantes à l'extérieur.
- L'eau est considérée comme un solide



REPONSES

Question 1 : Quelle quantité de fuel sera nécessaire pour faire bouillir l'eau?

//Propriétés

rho_eau = 1000 // kg/m3
 rho_fuel = 850 // kg/m3
 cp_eau = 4200 //J/kgK
 k_eau = 0.613 // Thermal conductivity, W/m·K à 27oC
 Teau_ini = 8 //oC
 Teau_finale = 15 //oC
 Tinf = 5 //oC
 Tebu = 100 //oC
 PCI_fuel = 45000000 //J/kg
 eta_rechaud = 0.70 //-

//Notez l'emploi d'unités consistantes pour le volume, pas des L mais des m3, pour le PCI en J/kg et non en MJ/kg

//Données et calculs de bases

h = 10 //W/m2K, coefficient de convection externe, on néglige la
 résistance de la paroi de la casserole
 ro= 0.1 //m, 10 cm de rayon de la casserole
 V_eau = pi*ro^2*H //Volume de l'eau dans la casserole
 As=2*pi*ro*H //m2, la surface d'échange, on suppose que le fond et le
 couvercle n'échangent pas de chaleur
 V_eau = 4/1000 //m3
 m_eau = rho_eau*V_eau //kg

//Bilan ébullition

Eebu = m_eau*cp_eau*(Tebu-Teau_ini) //J
 Eebu = m_fuel*PCI_fuel*eta_rechaud //J
 V_fuel = m_fuel/rho_fuel //m3

// Pour réaliser ce bilan, on peut poser des équations en régime permanent. Il faut donc environ 0,05kg de fuel (57 mL) pour chauffer 4 L d'eau à 100oC.

Question 2 : Combien de temps allez-vous attendre pour que cette eau soit à 15°C si vous la faite refroidir dans un environnement à 5°C?

//Refroidissement

/* Lumped capacitance method, Bi<0.1 s'utilise en première approximation et peut devenir une solution acceptable*/
 //Theta/Thetai = exp(-Bi*Fo) //en supposant que liquide est à une température uniforme
 pendant le refroidissement,
 //Bi = h*Lc/k_eau //Nombre de Biot caculé pour cette méthode
 //Lc = ro/2 //Longueur caractéristique différente de celle pour la solution
 exacte
 //Edotin - Edotout = Edotst
 //Edotin = 0
 //Edotout = As * (+ q"cv)

```

//q''cv = h*(T_eau-Tinf)
//T_eau = 100 //Il faut spécifier la valeur lors des calculs.
//Edotst = rho_eau * V_eau * cp_eau * Der(T_eau,t) //Cette fonction, Der(T,t) est intégrée

/* Solution exacte unidimensionnelle, Bi>0 */
// The temperature distribution T(r,t) is
T_xt = T_xt_trans("Cylinder",rstar,Fo,Bi,Tebu,Tinf) // Eq 5.50

// The heat flux in the r direction is
q''_xt = qdprime_xt_trans("Cylinder",r,ro,Fo,Bi,k_eau,Tebu,Tinf) // Eq 2.25

// The total heat transfer from the wall over the time interval t is
QoverQo = Q_over_Qo_trans("Cylinder",Fo,Bi) // Eq 5.48
Qo = rho_eau * cp_eau * V_eau * (Tebu - Tinf) // Eq 5.47
//vol = pi * ro^2 * L

// The dimensionless parameters are
rstar = r / ro
Bi = h * ro / k_eau
Fo = alpha * t / ro^2
alpha = k_eau / (rho_eau * cp_eau)

```